

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-309302  
 (43)Date of publication of application : 31.10.2003

(51)Int.CI.

H01L 41/22  
 B41J 2/045  
 B41J 2/055  
 B41J 2/16  
 H01L 41/09  
 H01L 41/18

(21)Application number : 2002-115801

(71)Applicant : CANON INC  
 KAGAWA YUTAKA

(22)Date of filing : 18.04.2002

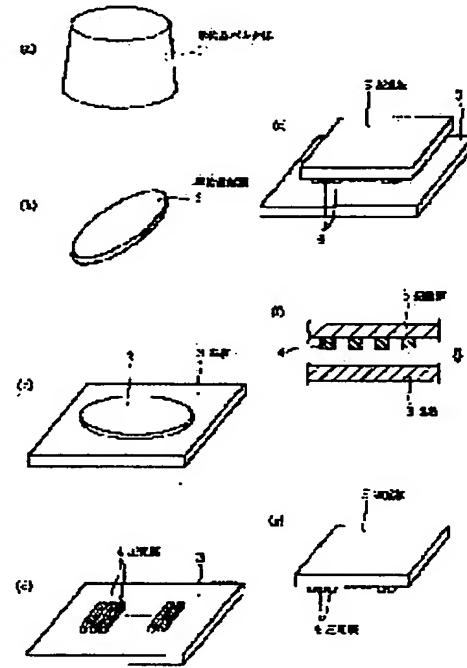
(72)Inventor : FUKUI TETSURO  
 TAKEDA KENICHI  
 AOTO HIROSHI  
 MATSUDA KATAYOSHI  
 IFUKU TOSHIHIRO  
 KAGAWA YUTAKA

## (54) PIEZOELECTRIC FILM TYPE ELEMENT STRUCTURE, LIQUID INJECTION HEAD, AND THEIR MANUFACTURING METHOD

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To manufacture a high-density and elongated piezoelectric film type element structure, having superior piezoelectric characteristics in which variations in characteristics are suppressed by using a non-lead monocrystal body, and a liquid injection head.

SOLUTION: A monocrystal thin film 2, in which the thin film is formed by executing slice cutting of a bulk body 1 of the non-lead monocrystal body by matching the bulk body in a crystal direction making the piezoelectric characteristics to be larger, is bonded on a substrate 3. A monocrystal piezoelectric film 4 is formed, by grinding and patterning the monocrystal thin film 2 on the substrate 3. A diaphragm 5 is bonded to the monocrystal piezoelectric film 4, and after that, the piezoelectric film type element structure, using the non-lead monocrystal piezoelectric film 4, is manufactured by peeling and removing the substrate 3. By executing slice cutting of the non-lead monocrystal body along in a prescribed direction, the piezoelectric characteristics superior than PZT can be effectively utilized, and moreover, the high-density and lengthy liquid injection head having no environmental problems can be manufactured, without placing limitations on the size of the monocrystal body.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-309302

(P2003-309302A)

(43)公開日 平成15年10月31日 (2003.10.31)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テマコード(参考)

H 01 L 41/22

H 01 L 41/22

Z 2 C 057

B 41 J 2/045

41/18

1 0 1 A

2/055

41/08

C

2/16

B 41 J 3/04

1 0 3 H

H 01 L 41/09

1 0 3 A

審査請求 未請求 請求項の数14 OL (全 9 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号

特願2002-115801(P2002-115801)

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(22)出願日

平成14年4月18日 (2002.4.18)

(71)出願人 500485774

香川 豊

東京都立川市柴崎町4丁目6番33号

(72)発明者 福井 哲朗

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

(74)代理人 100095991

弁理士 阪本 善朗

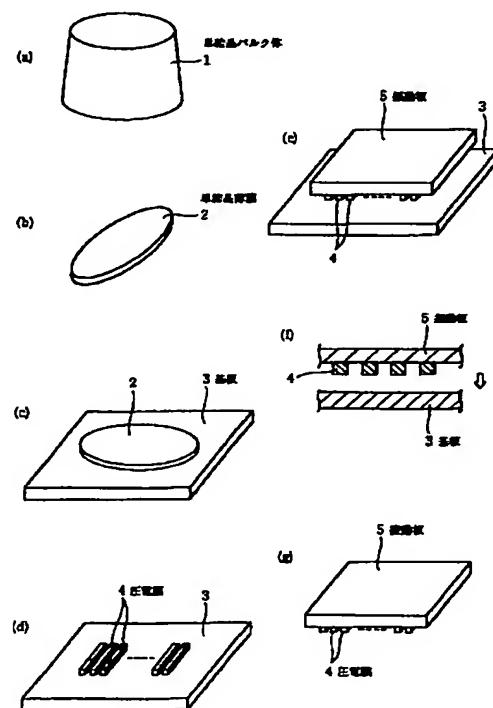
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 壓電膜型素子構造体と液体噴射ヘッドおよびそれらの製造方法

(57)【要約】

【課題】 非鉛系単結晶体を用いて、特性ばらつきを抑制した良好な圧電特性を有し、高密度でかつ長尺の圧電膜型素子構造体や液体噴射ヘッドを作製する。

【解決手段】 非鉛系単結晶体のバルク体1を圧電特性が大きくなる結晶方位に合わせてスライスカットして薄膜化した単結晶薄膜2を基板3に接合して、基板3上で単結晶薄膜2を研磨およびパターニングして単結晶圧電膜4を形成する。そして、単結晶圧電膜4に振動板5を接合し、その後に、基板3を剥離除去して、非鉛系単結晶圧電膜4を用いた圧電膜型素子構造体を作製する。このように非鉛系単結晶体を所定の方位に沿ってスライスカットすることにより、P Z T以上の優れた圧電特性を有効に利用でき、さらに、単結晶のサイズに限定されることなく高密度でかつ長尺で環境問題のない液体噴射ヘッドを作製することができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 圧電膜と振動板を有する圧電膜型素子構造体の製造方法において、単結晶膜からなる圧電膜を基板に接合する工程と、基板に接合された単結晶圧電膜を振動板に接合する工程と、基板を単結晶圧電膜から剥離する工程を含むことを特徴とする圧電膜型素子構造体の製造方法。

【請求項2】 基板が、高分子基板またはセラミックス基板であることを特徴とする請求項1記載の圧電膜型素子構造体の製造方法。

【請求項3】 単結晶圧電膜は、単結晶体を所定の結晶方位に沿って切断加工して薄膜化されていることを特徴とする請求項1または2記載の圧電膜型素子構造体の製造方法。

【請求項4】 単結晶圧電膜が非鉛系材料であることを特徴とする請求項1ないし3のいずれか1項に記載の圧電膜型素子構造体の製造方法。

【請求項5】 単結晶圧電膜がニオブ酸系材料あるいはチタン酸バリウム系材料であることを特徴とする請求項4記載の圧電膜型素子構造体の製造方法。

【請求項6】 請求項1ないし5のいずれか1項に記載の圧電膜型素子構造体の製造方法によって作製されたことを特徴とする圧電膜型素子構造体。

【請求項7】 単結晶圧電膜は、断面形状が平行四辺形状、台形形状、あるいは逆台形形状であることを特徴とする請求項6記載の圧電膜型素子構造体。

【請求項8】 液吐出口と、該液吐出口に接続された圧力室と、該圧力室の一部に設けられた振動板と圧電膜からなる圧電膜型素子構造体とを備え、前記圧電膜型素子構造体を作動させることにより液吐出口から液体を吐出させる液体噴射ヘッドの製造方法において、単結晶膜からなる圧電膜を基板に接合する工程と、単結晶圧電膜をバーニングする工程と、バーニングされた単結晶圧電膜を振動板に接合する工程と、基板をバーニングされた単結晶圧電膜から剥離する工程を含むことを特徴とする液体噴射ヘッドの製造方法。

【請求項9】 基板が、高分子基板またはセラミックス基板であることを特徴とする請求項8記載の液体噴射ヘッドの製造方法。

【請求項10】 単結晶圧電膜は、単結晶体を所定の結晶方位に沿って切断加工して薄膜化されていることを特徴とする請求項8または9記載の液体噴射ヘッドの製造方法。

【請求項11】 単結晶圧電膜が非鉛系材料であることを特徴とする請求項8ないし10のいずれか1項に記載の液体噴射ヘッドの製造方法。

【請求項12】 単結晶圧電膜がニオブ酸系材料あるいはチタン酸バリウム系材料であることを特徴とする請求項11記載の液体噴射ヘッドの製造方法。

【請求項13】 請求項8ないし12のいずれか1項に

記載の液体噴射ヘッドの製造方法によって作製されたことを特徴とする液体噴射ヘッド。

【請求項14】 単結晶圧電膜は、断面形状が平行四辺形状、台形形状、あるいは逆台形形状であることを特徴とする請求項13記載の液体噴射ヘッド。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、非鉛系圧電単結晶を用いた圧電膜型素子構造体と液体噴射ヘッド、およびそれらの製造方法に関するものである。

【0002】 なお、ここで呼称される圧電膜型素子とは、電気エネルギーを機械エネルギーすなわち機械的な変位や振動あるいは応力に変換する素子およびその逆の変換を行う素子を意味するものとし、液体噴射ヘッドは勿論、マイクロホン、スピーカーなどの発音体、各種振動子や発振子、さらには各種のセンサー等に用いることができるものである。

## 【0003】

【従来の技術】 近年、パソコン等の印刷装置として液体噴射ヘッド（インクジェットヘッド）を用いたプリンタが、その印字性能が良好で、取り扱いが簡単でありかつ低コスト等の理由から、広く普及している。このような液体噴射ヘッドには、熱エネルギーによってインク等の液体中に気泡を発生させ、その気泡による圧力波により液滴を吐出させるもの、静電力により液滴を吸引吐出させるもの、圧電膜型素子のような振動子による圧力波を利用したもの等の種々の方式がある。

【0004】 一般に、圧電膜型素子を用いた液体噴射ヘッドは、例えば、液供給室に連通する圧力室とその圧力室に連通した液吐出口とを備え、その圧力室に圧電膜が接合された振動板を配設して構成されている。このような構成においては、圧電膜と振動板からなる圧電膜型素子に所定の電圧を印加して圧電膜型素子を伸縮させることにより、たわみ振動を起こさせて圧力室内の液体を圧縮することにより液吐出口から液滴を吐出させている。

【0005】 また、カラーの液体噴射記録装置が普及してきたが、その印字性能の向上、特に、高解像度化および高速印字、さらにはヘッドの長尺化が求められている。そのため、液体噴射ヘッドを微細化したマルチノズルヘッド構造を用いて、高解像度および高速印字を実現することが試みられている。液体噴射ヘッドを微細化するためには、液体を吐出させるための圧電膜型素子を小型化することが必要になる。さらには、低成本で精度の高い長尺の液体噴射ヘッドを提供することが望まれている。

【0006】 このような圧電膜型素子を用いて、振動板を変位させることにより液体を吐出させる方式としては、圧電膜のd33モードを利用するピストンタイプ、d31モードを利用する撓みタイプ、あるいはd15モードを利用するシェアーモードタイプがある。

【0007】ピストンタイプは、吐出パワーが大きい点で優れているが、圧電膜を積層体の厚膜で使用することより、機械的加工切断精度が圧電膜型素子構造体あるいは液体噴射ヘッドの密度に影響し、密度を機械加工精度以上に高くすることができず、小型化が困難であるという問題、さらには、加工切削屑のPbによる環境問題等がある。

【0008】また、シェアーモードタイプの素子は、隔壁を変位させるタイプと平板を変位させるタイプがあり、前者は、圧電セラミックスのバルク体を切削加工するため、上記のピストンタイプと同様の問題を有する。また、後者は、樹型電極等を用いて平板を変位させるものであり、変位量が少ないため、高密度化には不適である。また、分極処理のために駆動用とは別の電極が必要である等の問題がある。

【0009】d31モードを利用する撓みタイプは、圧電膜を薄膜化することで、高密度化が図られることおよび小型化が比較的容易である等の利点がある。

#### 【0010】

【発明が解決しようとする課題】ところで、この種の圧電膜型素子構造体における圧電膜には、一般に、PZT（チタン酸ジルコン酸鉛）のセラミックス体が使用されており、近年、環境問題から鉛フリーの材料からなるデバイスが望まれている。しかしながら、PZTの良好な圧電特性を凌ぐ非鉛系材料はセラミックス体では得られておらず、非鉛系材料によるPZTの特性と同等な圧電膜型素子構造体や液体噴射ヘッドを作製することができなかった。このため、非鉛系材料で、高密度でかつ液体吐出に必要な特性を有する液体噴射ヘッドをこれまで実現することができなかった。

【0011】なお、非鉛系の材料を用いて圧電膜型素子構造体を作製した例としては、例えば、特開平11-5305号公報や特開2000-6400号公報に記載されているものがある。これらの公報には、単結晶のニオブ酸リチウムやニオブ酸カリウムを液体噴射ヘッドに利用する技術が記載されている。前者の公報には、ユニモルフおよびバイモルフの液体噴射ヘッド構成が記載されているが、直接接合によって基板を接合することのみを特徴としており、具体的に、高密度でかつ長尺のヘッドの製造方法に関する手段の記載はない。また、後者の公報には、圧電膜上に、電鋳法により、液室等を形成する方法が記載されているが、圧電膜の長さがヘッドデバイスの最大長さになってしまふため、長尺のヘッドを作製することができないという問題がある。また、圧電膜上全面に金属層を設けていくために隣接する液室とのクロストークが発生し、高密度な液体噴射ヘッドにはならないという問題がある。

【0012】また、ニオブ酸系単結晶材料は、分極処理を均一に行うことが困難であり、単結晶のバルク体から薄膜の切り出し方によって、特性の違う素子になり、そ

の結果、ばらつきの大きなデバイスになってしまうという問題があった。

【0013】そこで、本発明は、前述した従来技術の有する未解決の課題に鑑みてなされたものであって、特性ばらつきを抑制した良好な圧電特性を有し、高密度でかつ長尺の圧電膜型素子構造体と液体噴射ヘッドおよびそれらの製造方法を提供することを目的とし、さらに詳細には、ニオブ酸系材料やチタン酸バリウム系材料等の非鉛系単結晶を用いて、特性ばらつきを抑制した良好な圧電特性を有し、高密度でかつ長尺で、しかも環境問題のない圧電膜型素子構造体と液体噴射ヘッドおよびそれらの製造方法を提供することを目的とするものである。

#### 【0014】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明の圧電膜型素子構造体の製造方法は、圧電膜と振動板を有する圧電膜型素子構造体の製造方法において、単結晶膜からなる圧電膜を基板に接合する工程と、基板に接合された単結晶圧電膜を振動板に接合する工程と、基板を単結晶圧電膜から剥離する工程を含むことを特徴とする。

【0015】本発明の圧電膜型素子構造体の製造方法においては、基板が、高分子基板またはセラミックス基板であることが好ましい。

【0016】本発明の圧電膜型素子構造体の製造方法においては、単結晶圧電膜は、単結晶を所定の結晶方位に沿って切断加工して薄膜化されていることが好ましく、さらに、単結晶圧電膜は、非鉛系材料であり、ニオブ酸系材料あるいはチタン酸バリウム系材料であることが好ましい。

【0017】本発明の液体噴射ヘッドの製造方法は、液吐出口と、該液吐出口に接続された圧力室と、該圧力室の一部に設けられた振動板と圧電膜からなる圧電膜型素子構造体とを備え、前記圧電膜型素子構造体を作動させることにより液吐出口から液体を吐出させる液体噴射ヘッドの製造方法において、単結晶膜からなる圧電膜を基板に接合する工程と、単結晶圧電膜をバーニングする工程と、バーニングされた単結晶圧電膜を振動板に接合する工程と、基板をバーニングされた単結晶圧電膜から剥離する工程を含むことを特徴とする。

【0018】本発明の液体噴射ヘッドの製造方法においては、基板が、高分子基板またはセラミックス基板であることが好ましい。

【0019】本発明の液体噴射ヘッドの製造方法においては、単結晶圧電膜は、単結晶を所定の結晶方位に沿って切断加工して薄膜化されていることが好ましく、さらに、単結晶圧電膜は、非鉛系材料であり、ニオブ酸系材料あるいはチタン酸バリウム系材料であることが好ましい。

【0020】本発明の圧電膜型素子構造体は、前述した圧電膜型素子構造体の製造方法によって作製されたこと

を特徴とし、また、本発明の液体噴射ヘッドは、前述した液体噴射ヘッドの製造方法によって作製されたことを特徴とする。

【0021】本発明の圧電膜型素子構造体および液体噴射ヘッドにおいては、単結晶圧電膜は、断面形状が平行四辺形状、台形状、あるいは逆台形形状であることが好ましい。

#### 【0022】

【作用】本発明によれば、非鉛系単結晶圧電膜を振動板に直接成膜するのではなく基板を介在させて圧電膜型素子構造体を形成するものであって、圧電膜を形成する工程と圧電膜を振動板に接合する工程が分離され、圧電膜の成膜プロセスと素子構造体の製造プロセスが機能分離されていることにより、圧電膜型素子構造体の振動板の材料を幅広く選択することができ、圧電膜の性能を任意に調整した圧電膜型素子構造体を得ることができる。

【0023】また、非鉛系単結晶圧電体のバルク体をPZT以上の圧電特性を発現する結晶方位に沿ってスライスカットして薄膜化した単結晶圧電薄膜を後に剥離する基板に接合してバターニング等によって圧電膜型素子を作製することにより、単結晶バルク体の部位による特性ばらつきを抑制した良好な圧電特性を利用することができ、さらに、単結晶体のサイズに限定されることなく高密度でかつ長尺で、しかも環境問題のない圧電膜型素子構造体および液体噴射ヘッドを得ることができ、さらに、圧電膜型素子構造体および液体噴射ヘッドの接合強度や耐久性を向上させることができる。

#### 【0024】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好適な実施の形態を図面に基づいて説明する。

【0025】図1は本発明の圧電膜型素子構造体や液体噴射ヘッドの製造方法における主要工程を概略的に示す工程図であり、図2は本発明の製造方法により作製される圧電膜型素子構造体の一例を示す断面図であり、図3は本発明の製造方法により作製される液体噴射ヘッドの一例を示す断面図である。

【0026】本発明の圧電膜型素子構造体の製造方法は、図1に示すように、単結晶薄膜2を基板3に接合して基板3上に単結晶圧電膜4を形成する工程（同図(a)～(d)参照）と、基板1上に形成された単結晶圧電膜4の上に振動板等の基板5を接合する工程（同図(e)参照）と、基板3を単結晶圧電膜4から剥離する工程（同図(f)～(g)参照）とを有している。

【0027】本発明の圧電膜型素子構造体に用いる単結晶薄膜は、非鉛系材料であるニオブ酸系単結晶体、チタン酸バリウム系単結晶体、ビスマス系化合物の単結晶体等を用い、これらの単結晶体のバルク体をスライスカット（切断加工）して薄膜化し、デバイス化するものである。これらの単結晶体のバルク体1（図1の(a)）は、通常、TSSG法、ブリッジマン法などの溶融状態

を経て作成することができる。ニオブ酸系単結晶としては、ニオブ酸カリウム、ニオブ酸リチウム、ニオブ酸カリウムナトリウム、ニオブ酸カリウムビスマス等がある。また、チタン酸バリウム系単結晶としては、チタン酸バリウム、チタン酸ジルコン酸バリウム、チタン酸バリウム-チタン酸ビスマス、チタン酸バリウム-チタン酸ナトリウムビスマス等がある。

【0028】これらの非鉛系単結晶体は、その結晶方位によって、PZT以上の圧電特性を発現するものであり、非鉛系単結晶体のバルク体を圧電特性が大きくなる結晶方位に合わせてスライスカット（切断加工）して単結晶薄膜を形成することにより、その良好な圧電特性を有効に利用することができる。例えば、ニオブ酸カリウムの場合には斜方晶単結晶を用い、Z軸の方向が基板平面に対して30°～60°の角度になるよう切断するのが望ましい。また、チタン酸バリウム系単結晶は、正方晶単結晶を用い、Z軸方向が基板平面に垂直になるよう切断するのが望ましい。

【0029】単結晶薄膜2の厚さに関しては、単結晶体のバルク体1から切断加工する厚さとしては0.1mm程度が機械加工の限界である。ところで、単結晶圧電薄膜の最適な膜厚は、圧電膜型素子構造体や液体噴射ヘッドの仕様によって異なるが、高密度な素子を作製するためには、単結晶圧電薄膜をより薄膜化することが望ましい。このような単結晶薄膜の薄膜化の方法としては、単結晶薄膜を基板に接合した後に単結晶薄膜を研磨あるいはCMP等の方法で薄膜化することができる。したがって、単結晶体のバルク体1からスライスカットする単結晶薄膜2の膜厚としては、圧電薄膜のサイズや剛性等によって適当な厚さの単結晶薄膜を用いれば良く、例えば0.1mm以上の厚さの薄膜とし、この単結晶薄膜2を基板3（図1の(c)）に接合するようにしても良い。

【0030】圧電薄膜を基板に接合する接合手段としては、一般的に、活性金属法、通電加熱、通電圧接、陽極酸化接合法等や接着剤を用いることができる。

【0031】例えば、圧電薄膜上に金属単体、金属合金、金属酸化物、金属窒化物あるいは金属間化合物を接合層として設け、この接合層を基板に当接させ、その後に、通電加熱、通電圧接あるいは低温加熱等により接合することができる。接合層の金属あるいは合金としては、例えば、Pd、In、Sn、Ni、Ga、Cu、Cr、Ag、Mo、Ti、Au、Zr等の金属のうち少なくとも一種類以上の金属あるいはこれらの合金を用いることができ、金属酸化物としては、例えば、SiO<sub>2</sub>、CaO<sub>2</sub>、TiO<sub>2</sub>、ZnO等を、金属窒化物としては、例えば、TiN、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>等を用いることができ、また、合金としては、例えば、PdIn<sub>3</sub>、Al-Cu、Ag-Ni、Ti-Ni等がある。金属間化合物としては、例えば、Ti-Ni、Ag-Ni、Fe-C

o、Cr-Mo等である。

【0032】ここで、通電加熱とは、導電層を介して電流を流し、自己発熱により接合させる方法である。電流量としては $0.5\text{ A}/\text{cm}^2 \sim 100\text{ A}/\text{cm}^2$ で、好ましくは $1\text{ A}/\text{cm}^2 \sim 50\text{ A}/\text{cm}^2$ である。通電圧接とは、前記通電加熱法に加えてさらに圧力をかけ、より強固に接合させる方法である。また、低温加熱とは、 $300^\circ\text{C}$ 以下の温度で合金を形成する異種金属を組み合わせて接合面で合金を形成して接合させる方法である。

【0033】また、活性金属法で、PdとInの組み合わせを用いて接合する際には、 $200^\circ\text{C}$ 付近に加圧下加熱することによって、接合面にPdIn<sub>3</sub>の合金を形成することができ、低温で接合することができ、好ましい方法である。他には、例えば、Ag-Ni、Ti-Ni、Zr-Cu等の組み合わせにより、接合することも可能である。

【0034】また、圧電薄膜を基板に接合する接着剤としては、天然高分子系、合成高分子系のいずれでも良い。天然高分子系としては澱粉、合成高分子系としては、エポキシ系接着剤、アクリル系接着剤、ウレタン・ウレア系接着剤等を用いることができる。

【0035】本実施例においては、図1の(c)に示すように、単結晶薄膜2を基板3へ接合する接合方法としては、上記の接合方法のうち有機接着剤を用いる方法が好ましい。ホットメルト系接着剤の採用が好ましい態様である。なお、その後の工程において、図1の(e)に示すように、単結晶圧電膜4を第二の基板である振動板5へ接合する接合方法としては、活性金属法、通電加熱法、通電圧接法等を探ることが好ましい。

【0036】また、単結晶薄膜2を接合する基板3としては、セラミックス基板、高分子基板、金属基板を用いることができる。より好ましくは、セラミックス基板、高分子基板である。セラミックス基板としては、アルミナ、シリカ、ジルコニア、マグネシア、チタニア等であり、高分子基板としては、ポリスチレン系樹脂、アクリル系樹脂、ポリフェニレン系樹脂、ポリウレタン樹脂、ポリウレア系樹脂、ポリビニル系樹脂等である。基板3の板厚は、素子のサイズと基板のヤング率や熱膨張係数等を考慮し、適宜選択することができるが、ハンドリング等を考慮して、 $0.1\text{ mm} \sim 10\text{ mm}$ 、好ましくは、 $0.5\text{ mm} \sim 5\text{ mm}$ である。また、基板3は、その表面粗度Raが $0.01\text{ }\mu\text{m} \sim 5\text{ }\mu\text{m}$ であることが好ましく、より好ましくは、 $0.02\text{ }\mu\text{m} \sim 1\text{ }\mu\text{m}$ である。さらに、基板3の裏面の表面粗度も同様に表面平滑性があることが好ましく、裏面の表面粗度Raは $0.01\text{ }\mu\text{m} \sim 10\text{ }\mu\text{m}$ が好ましく、より好ましくは、 $0.01\text{ }\mu\text{m} \sim 5\text{ }\mu\text{m}$ である。

【0037】なお、後の工程で単結晶圧電膜4に接合する振動板5としては、シリコン基板、ステンレス基板、Ti箔等の金属基板や、バイレックス（登録商標）ガラ

ス等のガラス、ジルコニア、アルミナ等のセラミックス基板を用いることができる。振動板5の表面も、基板3と同様に、平滑性の良好なものを用いるのが良く、振動板5の表面粗度Raは $0.005\text{ }\mu\text{m} \sim 3\text{ }\mu\text{m}$ であることが好ましく、より好ましくは $0.01\text{ }\mu\text{m} \sim 2\text{ }\mu\text{m}$ である。

【0038】単結晶薄膜2は、基板3に接着剤により接合された後に、さらに薄膜化するためにそして膜厚を均一にするために、研磨あるいはCMP等により研磨加工する。また、次工程の振動板5との接合のために単結晶薄膜の表面粗度も重要な要素であり、接合前に単結晶薄膜2の表面粗度Raを $0.01\text{ }\mu\text{m} \sim 2.5\text{ }\mu\text{m}$ にしておくことが好ましい。

【0039】次いで、図1の(d)に示すように、単結晶薄膜2は、適宜バーニング等により、所望の形状の単結晶圧電膜4を形成する。この単結晶薄膜のバーニングは、後述する液体噴射ヘッド以外の圧電膜型素子構造体においては、特に必要としない場合もある。なお、単結晶薄膜のバーニングに関しては、後述する液体噴射ヘッドの製造方法に関連して説明することとする。

【0040】次に、図1の(e)に示すように、基板3上の単結晶圧電膜4に第二の基板としての振動板5を接合する。振動板5を圧電膜4に接合する手段としては、前述した活性金属法、通電加熱法、通電圧接法、あるいは陽極酸化接合法等の方法を採用することができる。単結晶圧電膜4に振動板5を接合する際には、その接合強度として $0.3\text{ kgf/mm}^2$ 以上の強度が得られる方法が好ましく、活性金属法が好適である。このときに用いる元素としては、前述したように、PdとInの組み合わせが、 $200^\circ\text{C}$ 付近に加圧下加熱することでPdIn<sub>3</sub>の合金を形成することができ、低温で接合することができることから、好ましい。すなわち、接合する単結晶圧電膜4と振動板5のそれぞれの相対向する面に、スパッタ法等によりPdとInをそれぞれ単層成膜し、または、In/Pdの積層を形成し、さらにまたは、一方の面にInを、他方の面にIn/Pdの積層を形成して、両金属層を当接させて、加圧下で $200^\circ\text{C}$ の加熱により接合することができる。

【0041】振動板5を単結晶圧電膜4に接合した後に、図1の(f)および(g)に示すように、基板3を単結晶圧電膜4から剥離する。この基板3の剥離方法としては、予め基板3に易剥離層を設けておきこの易剥離層を機械的に破壊して基板3を剥離する方法、レーザー光を照射し剥離する方法、ウォータージェット法で束状の流体を基板3と単結晶圧電膜4の界面に当てて剥離する方法、溶剤等で接着剤を除去し剥離する方法等を探ることができる。

【0042】以上のように非鉛系単結晶圧電膜を用いて作製される圧電膜型素子構造体においては、図2に図示するように、振動板12上の単結晶圧電膜11は、上下

に電極13、14を配した構成とされるが、振動板12が金属である場合にはあえて下部電極（圧電膜11と振動板12の間の電極13）は設ける必要はない。また、単結晶圧電膜11を振動板12に接合する接合層が金属層である場合にはこれを電極13として利用することもできる。また、圧電膜11上への上部電極14の形成は、基板を圧電膜11から剥離した後に、スパッタ法、蒸着法あるいは塗布法などにより形成することができる。電極材料としては、例えば、Au、Pt、Cr、Al、Cu、Ir、Ni等の金属材料を用いることができ、また、SRO、ITOなどの導電性酸化物でも良い。

【0043】次に、本発明の液体噴射ヘッドの製造方法について、図1ないし図3を用いて説明する。

【0044】本発明の液体噴射ヘッドの製造方法は、前述した圧電膜型素子構造体の製造方法と同様に、非鉛系材料の単結晶のバルク体をスライスカットして薄膜化した単結晶薄膜を基板に接合する工程と、基板上の単結晶薄膜をバーニングして単結晶圧電膜を形成する工程と、バーニングされた単結晶圧電膜に振動板等の基板を接合する工程と、基板を単結晶圧電膜から剥離する工程とを有し、さらに、振動板に圧力室を形成する工程と、圧力室に連通する液吐出口を形成する工程とを有している。

【0045】本発明の液体噴射ヘッドの製造方法においては、前述した圧電膜型素子構造体の製造方法と同様に、非鉛系単結晶のバルク体1を、圧電特性が大きくなる結晶方位に合わせてスライスカットして薄膜化した単結晶薄膜2を接着剤等により基板3に接合し、そして、薄膜化するためにそして膜厚を均一にするために、研磨あるいはCMP等により研磨加工する（図1の(a)～(c)参照）。

【0046】その後に、図1の(d)に示すように、基板3上の単結晶薄膜2をバーニングして所望形状の単結晶圧電膜4を形成する。

【0047】単結晶薄膜をバーニングする方法としては、ドライエッティング、ウェットエッティング、機械加工、サンドブラスト等の方法を探ることができる。好ましくは、微細加工が可能なドライエッティング、ウェットエッティングである。ウェットエッティングにおいては、バーニングのためにレジスト処理を施すとともに、基板保護のための保護膜形成を必要に応じて行っても良い。このように基板上で単結晶薄膜を研磨加工しそしてバーニングすることにより、単結晶圧電膜のハンドリングが容易であり、さらに、複数個数の単結晶薄膜を基板上に接合した後にこれらを研磨加工やバーニングを行うことができるため、単結晶バルク体のサイズに制限されない長尺のデバイスを作製することができ、特に長尺の液体噴射ヘッドの作製に好適である。

【0048】そして、その後に、前述した圧電膜型素子構造体の製造方法と同様に、図1の(e)に示すように、基板3上の単結晶圧電膜4に振動板5を接合し、そして、図1の(f)～(g)に示すように、基板3を単結晶圧電膜4から剥離する。

【0049】次いで、振動板に圧力室を形成する工程においては、予め圧力室がバーニングされた基板を振動板に貼り付ける方法、振動板に基板を貼り付けて該基板に圧力室を作製する方法、あるいは、厚膜の振動板を用いて該振動板に圧力室を作製する方法などがある。後者の方法は、圧力室を作製することにより振動板部を薄膜化して同時に振動板を作製することになる。圧力室の形状は、長方形、円形、橢円形等各種選択することができる。また、圧力室の断面形状をノズル方向に較った形状にしても良い。

【0050】そして、ノズル（液吐出口）を形成する工程においては、圧力室を作製した後にその圧力室にノズルが作製されたノズルプレートを貼り合わせる方法、あるいはノズルプレートを貼り合わせた後にノズルを形成する方法等がある。また、圧力室とノズルの両方が成形された構造体を貼り合わせて、これを振動板に接合するようにしてしまうこともできる。また、ノズルの形成方法としては、ノズルプレートをエッティング加工、機械加工、レーザー加工で形成する方法、あるいはセラミックスを型成形し焼結して作製する方法がある。

【0051】このように本発明の製造方法により作製される液体噴射ヘッドは、図3に示すように、基板部16に形成された圧力室15と、圧力室15に連通するようにノズルプレート19に形成されたノズル（液吐出口）18と、圧力室15の一部に設けられた振動板12と圧電膜11からなる圧電膜型素子構造体とを備え、圧電膜型素子構造体をたわみ振動させることにより圧力室15内の液体をノズル18から液滴として吐出させるように構成される。なお、図3において、13と14はそれぞれ圧電膜11の下部電極と上部電極である。

【0052】また、以上のように作製される圧電膜型素子構造体および液体噴射ヘッドにおける非鉛系単結晶圧電膜の断面形状においては、圧電膜の加工精度が取りやすく、生産性を挙げることができ、かつ、素子間のばらつきの少ない素子を得ることができる形状とすることが好ましく、図4の(a)～(c)に示すように、平行四辺形、逆台形、台形の形状とすることが望ましい。なお、図4の(a)～(c)において、11(11a、11b、11c)は単結晶圧電膜、12は振動板、13は下部電極、14は上部電極である。

【0053】単結晶圧電膜11がニオブ酸系材料である場合には、特に、図4の(a)に示す平行四辺形状の断面形状(11a)が好ましく、単結晶圧電膜11がチタン酸バリウム系材料である場合には、図4の(b)や(c)に示す逆台形あるいは台形の断面形状(11b、

11c) とすることが好ましい。また、断面形状が平行四辺形である場合においては、図示する角度 $\theta_1$  (図3の(a)) は、80°～89.8° であることが好ましく、逆台形の場合は、角度 $\theta_2$  (図3の(b)) は85°～89.5° で、台形の場合は、角度 $\theta_3$  (図3の(c)) が90.5°～95° であることが好ましい。圧電膜型素子構造体および液体噴射ヘッドの非鉛系単結晶圧電膜の断面形状を上述のような形状とすることにより、特に、変位置が安定し高寿命の素子とすることができる。

【0054】次に、本発明の圧電膜型素子構造体と液体噴射ヘッドの製造方法の詳細について、具体的な実施例を挙げて、図1ないし図3を参照しながら、さらに説明する。なお、以下の説明において括弧内の符号は図1ないし図3に示す部材の符号である。

【0055】(実施例1) 本実施例において用いる単結晶薄膜(2)は、TSSG法で作成されたニオブ酸カリウム斜方晶単結晶のバルク体(1)をZ軸の角度が基板面に対して40°になるようスライスカット(切断加工)し、厚さを0.1mmとした。

【0056】次に、図1の(c)に示すように、スライスカットして厚さを0.1mmとした単結晶薄膜(2)をMgO基板(3)上にエポキシ系接着剤で接合し、接合後に、単結晶薄膜(2)を厚さ15μm、表面粗度Raが0.15μmになるよう研磨した。ここで、MgO基板(3)として、板厚1mmで縦横50mm×10mmのMgO多結晶基板を用いる。なお、MgO多結晶基板の表面と裏面の表面粗度Raはともに0.2μmとする。

【0057】次に、単結晶薄膜(2)にレジストをパターニングし、フッ硝酸(フッ酸:硝酸=1:2)でライン/スペースが100μm/70μm、圧電膜の長さが2.5mmとなるようにエッティングし、160本のニオブ酸カリウムの単結晶圧電膜(4)のアレイを得た(図1の(d)参照)。

【0058】この単結晶圧電膜(4)上に斜めスパッタでIn/Pdの層を1μm/150nm形成し、そして、厚さ300μmのSi基板(5)にスパッタ法でIn層を100nm形成し、これらの金属層を当接させて、加圧下で200°Cに加熱し1時間で接合した(図1の(e)参照)。その後、室温まで徐冷した後、有機溶剤中に浸漬して単結晶圧電膜(4)とMgO基板(3)を剥離した(図1の(f)および(g)参照)。

【0059】以上のようにして、ニオブ酸カリウムのパターニングされた単結晶圧電膜(4)をSi基板(5)に接合した圧電膜型素子構造体が作製された。

【0060】そしてさらに、真空乾燥した後に、Si基板(5)にドライプロセス(ICPプロセス)で幅120μm、長さ2.5mmの圧力室(15)を作製した。使用したガスはSF<sub>6</sub>とC<sub>4</sub>F<sub>8</sub>である。これに液体通

路を形成したSi基板とノズル(18)が形成されたSi基板のノズルプレート(19)を貼り合わせ、電極をパターニングして上部電極(14)を設け、液体噴射ヘッドを作製した。このように作製された液体噴射ヘッドは図3に図示すると同様の構造を有している。

【0061】以上のように作製された液体噴射ヘッドにおいては、20Vの駆動電圧、18kHzの周波数で、インク等の液滴を10m/s～11m/sの速度で安定して吐出させることができた。また、この圧電膜型素子構造体における圧電薄膜の断面形状はほぼ平行四辺形をなし、図4の(a)に示す $\theta_1$ は88.5°～89°であった。

【0062】(実施例2) 本実施例においては、チタン酸ジルコン酸バリウム(Ti/Zrのモル比=95/5)の正方晶単結晶をZ軸が面に対して垂直になるようスライス加工した単結晶薄膜(2)を用いた。この単結晶薄膜(2)をポリフェニレン系の高分子(ポリマー)基板(3) (表面と裏面の表面粗度Raがそれぞれ0.45μmと0.25μm)にアクリル系ホットメルト接着剤をドクターブレード塗布し、その後、160°C加熱下で接合した(図1の(c)参照)。

【0063】高分子基板(3)に接合した単結晶薄膜(2)は、粗研磨および鏡面研磨により、膜厚10μm、表面粗度Raが0.08μmとなるよう研磨し、次いで、ウェットエッティングによりライン/スペースが100μm/50μmのパターニングされた単結晶圧電膜(4)のアレイを作製した(図1の(d)参照)。

【0064】この単結晶圧電膜(4)上にSi基板(5)をAg-Niの金属を用いて120°C下で接合した(図4の(e)参照)。その後、170°Cまで昇温し、接着剤を融解させて単結晶圧電膜(4)と高分子基板(3)を剥離した(図1の(f)および(g)参照)。

【0065】このようにして、Si基板(5)上にチタン酸ジルコン酸バリウムの単結晶圧電膜(4)のアレイが転写されており、高分子基板上との寸法精度は±3μmの誤差以内であった。また、単結晶圧電膜(4)の断面形状は台形であり、図4の(c)に示す $\theta_3$ は92°～93°であった。

【0066】本実施例により作製された圧電膜型素子構造体においても、前述した実施例1と同様に、圧力室、ノズル部を形成し、液体噴射ヘッドを得た。

【0067】吐出検討を行ったところ、駆動電圧20V、周波数15kHzで13m/sの速度で安定して液滴を吐出させることができた。

【0068】また、単結晶圧電膜(4)の断面台形形状における角度 $\theta_3$ を96°以上にしたところ、液滴の吐出速度が劣化し好ましくなかった。

【0069】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、

非鉛系単結晶圧電膜を振動板に直接成膜するのではなく基板を介在させて圧電膜型素子構造体を形成するものであって、圧電膜を形成する工程と圧電膜を振動板に接合する工程が分離され、圧電膜の成膜プロセスと素子構造体の製造プロセスが機能分離されていることにより、圧電膜型素子構造体の振動板の材料を幅広く選択することができ、圧電膜の性能を任意に調整した圧電膜型素子構造体を得ることができる利点がある。

【0070】また、非鉛系単結晶圧電体を所定の結晶方位に沿ってスライスカットして薄膜化した単結晶圧電薄膜を後に剥離する基板に接合してパターニング等によって圧電膜型素子を作製することにより、単結晶体の部位による特性ばらつきを抑制した良好な圧電特性を利用することができ、さらに、単結晶体のサイズに限定されることなく高密度かつ長尺の圧電膜型素子構造体および液体噴射ヘッドを得ることができる。また、圧電膜型素子構造体および液体噴射ヘッドの接合強度や耐久性を向上させることができる。

【0071】さらに、低駆動電圧で大変位が得られ、高速応答が可能で安定した信頼性の高い高密度で長尺の環境問題のない圧電膜型素子構造体および液体噴射ヘッドを作製することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の圧電膜型素子構造体や液体噴射ヘッド

の製造方法における主要工程を概略的に示す工程図である。

【図2】本発明の製造方法により作製される圧電膜型素子構造体の一例を示す断面図である。

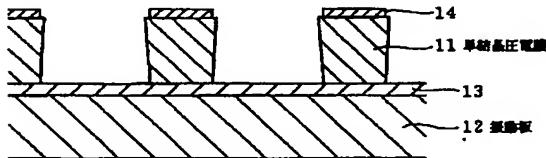
【図3】本発明の製造方法により作製される液体噴射ヘッドの一例を示す断面図である。

【図4】(a)～(c)は、それぞれ、本発明の製造方法により作製される圧電膜型素子構造体や液体噴射ヘッドにおける非鉛系単結晶圧電膜の好ましい形状を示す断面図である。

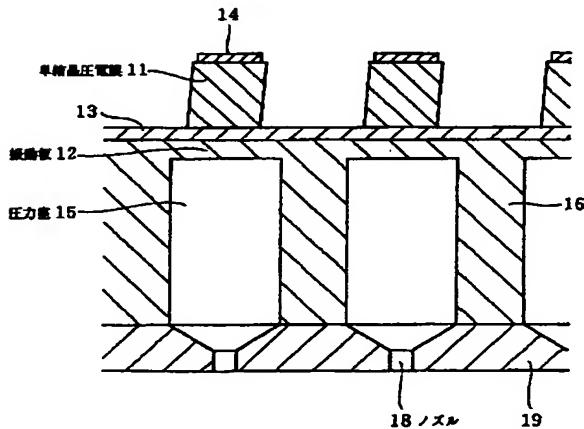
#### 【符号の説明】

1	単結晶バルク体
2	単結晶薄膜
3	基板
4	単結晶圧電膜
5	振動板（第二の基板）
11	単結晶圧電膜
12	振動板
13	下部電極
14	上部電極
15	圧力室
16	基板部
18	ノズル
19	ノズルプレート

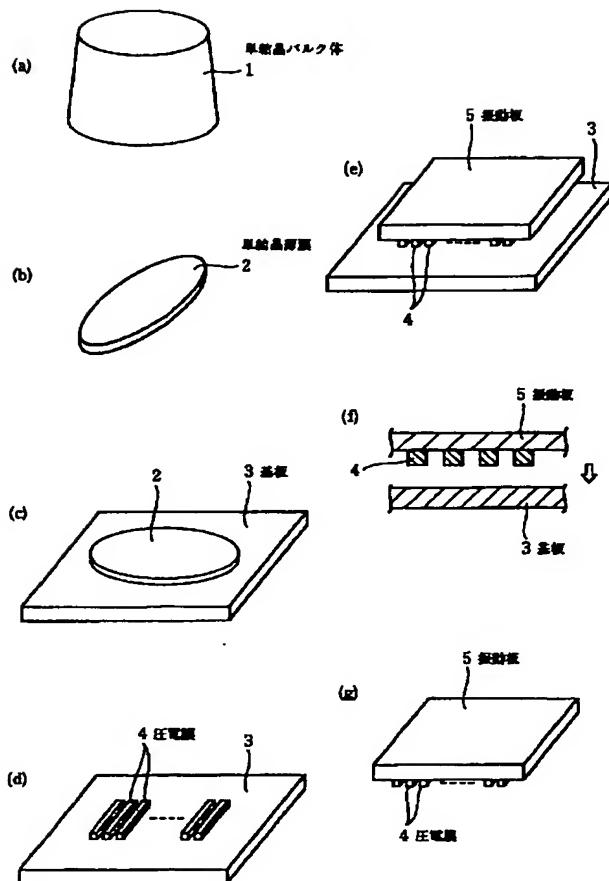
【図2】



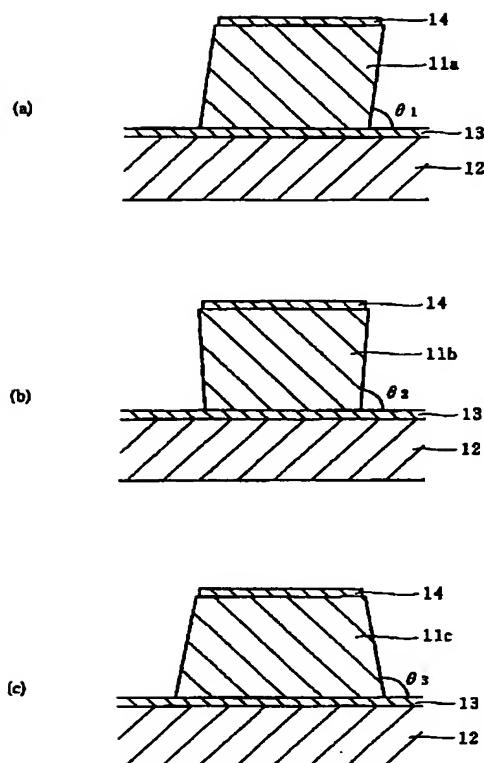
【図3】



【図1】



【図4】



## フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

識別記号

F I

7-7コート (参考)

H O 1 L 41/18

(72)発明者 武田 憲一

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

(72)発明者 青砥 寛

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

(72)発明者 松田 堅義

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

(72)発明者 伊福 俊博

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

(72)発明者 香川 豊

東京都立川市柴崎町4丁目6番33号  
Fターム(参考) 2C057 AF65 AF93 AG12 AG44 AP02  
AP14 AP21 AP22 AP27 AP31  
AP52 AQ02 AQ06